

# 基于SPI指数的近50a内蒙古地区干旱特征分析\*

那音太

(内蒙古财经大学资源与环境经济学院, 呼和浩特 010070)

**提 要:** 利用近50a逐月降水资料,以标准化降水指数(SPI)作为干旱指标,详细全面地分析了内蒙古东中西部年际干旱强度、干旱覆盖范围和干旱频率特征及其演变规律。结果表明:近50a来,内蒙古东部和中部总体干旱强度增加但不显著,西部总体干旱强度减弱但不显著。从干旱覆盖范围来看,西部呈略微减少趋势,中部增加但不显著,而东部呈显著增加趋势,且中部和西部以全域性干旱为主,东部以区域性干旱为主。从干旱频率上看,东中西部空间差异性明显。东部轻旱发生频率较高的地区包括海拉尔市东北部、兴安盟、通辽市西部以及赤峰市东部,中旱在大部分地区发生的频率都较高,重旱在海拉尔市局部地区发生的频率较高;中部地区锡林郭勒盟轻旱、中旱和重旱发生的频率都较高;西部大部分地区轻旱发生的频率较高。

**关键词:** 干旱; 标准化降水指数; 内蒙古

**中图分类号:** P626.616

**文献标识码:** A

干旱是影响范围最广、发生频率最高、持续时间最长的一种气象和水文灾害。目前,全世界受到干旱危害的人数最多,所造成的经济损失最为深远,干旱及其带来的沙漠化和水资源严重不足已经成为威胁人类生存的重大问题<sup>[1]</sup>。在全球变化和人类活动共同作用下,全球干旱化的趋势明显加强。中国北方地区干旱化问题一直是学术界关注的焦点<sup>[2,3]</sup>,地处北方内陆地区的内蒙古对于干旱化响应极为典型<sup>[4-8]</sup>。

内蒙古自治区东西狭长,由于距离海洋的远近不同,各地区受东南湿润季风的影响程度也有很大差别,从东至西可分为东部、中部和西部三个地区,各区域间干旱发生的特征及其演变规律存在着较大差异<sup>[9]</sup>。以往对于内蒙古的干旱研究多以内蒙古整体区域为研究区<sup>[10-12]</sup>,没有考虑到区域间的差异性,干旱发生的区域差异细节信息难以体现。也有一些研究是针对局部地区的干旱开展的<sup>[13-17]</sup>,但缺乏不同区域之间的对比研究。而对于内蒙古地区不同区域干旱发生特征及其演变规律的分析报道则基本没有。另一方面,以往研究时间尺度较短,最长30年<sup>[18,19]</sup>,而趋势分析需要以长时间尺度的数据为基础来表征其变化。

针对以上问题,文中选取标准化降水指数(SPI)作为干旱指标<sup>[20-26]</sup>,对长时间序列的最新气象资料进行分析,以探究内蒙古东中西部三个不同区域干旱发生特征及其时空演变规律,旨在有针对性地为内蒙古东中西部地区干旱监测预警和防灾减灾提供具体而科学的指导。

## 1 材料与研究方法

### 1.1 研究区概况及资料来源

内蒙古自治区由东北向西南延伸,呈狭长形,气候类型多样,有明显地带性,从东向西由半湿润逐步过渡到半干旱、干旱气候。将呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市、赤峰市等四个盟市划分为东部地区,锡林郭勒盟、乌兰察布市、呼和浩特市和包头市划分为中部地区,巴彦淖尔市、鄂尔多斯市、乌海市及阿拉善盟划分为西部地区。

研究所需气象数据为中国气象资料共享服务网收集的内蒙古地区1961-2010年46个站点逐月气象观测资料,东中西部气象站点数分别为20、16和10个,采用均值代替个别缺测值。

\* 收稿日期: 2014-12-25。

基金项目: 内蒙古教育厅重点项目(NJ10148); 内蒙古自然科学基金项目(2011MS0508); 内蒙古教育厅一般项目(NJ10046)资助。

作者简介: 那音太(1982-),男,内蒙古赤峰人,讲师,主要从事"3S"技术综合应用与自然灾害研究。Email: ncdnayintai@163.com

### 1.2 标准化降水指数

标准化降水指数(SPI 指数)采用  $\Gamma$  分布概率来描述降水量的变化,可消除降水量的时空分布差异,能够反映不同区域和不同时间段的干旱状况。

降水量一般不服从正态分布,而是一种偏态分布。在干旱的监测和评价中,常采用  $\Gamma$  分布概率描述降水量的变化。SPI 指数采用  $\Gamma$  分布概率对降水量进行描述,再将偏态概率分布进行正态标准化处理,最后用标准化降水累积频率分布划分干旱等级<sup>[27]</sup>,它是表征某时段降水量出现概率的指标,适用于月尺度以上的气象干旱监测与评估。SPI 指数公式为<sup>[28]</sup>:

$$SPI = S \frac{t - (c_2 t + c_1) t + c_0}{((d_3 t + d_2) t + d_1) t + 1.0}$$

$$\text{式中: } t = \sqrt{\ln \frac{1}{G(x)^2}}$$

$G(x)$  为与  $\Gamma$  函数相关的降水分布概率; $x$  为降水样本值; $S$  为概率密度正负系数; $c_0, c_1, c_2$  和  $d_1, d_2, d_3$  为  $\Gamma$  分布函数转换为累积频率简化近似求解公式的计算参数,具体取值为<sup>[17]</sup>:  $c_0 = 2.515517, c_1 = 0.802853, c_2 = 0.010328, d_1 = 1.432788, d_2 = 0.189269, d_3 = 0.001308$ 。

当  $G(x) > 0.5$  时  $S = 1$ ; 当  $G(x) \leq 0.5$  时  $S = -1$ 。 $G(x)$  由  $\Gamma$  函数概率密度积分公式求得,公式为:

$$G(x) = \frac{2}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \int_0^x \chi^{\gamma-1} e^{-\chi/\beta} dx \quad x > 0$$

式中: $\gamma, \beta$  为  $\Gamma$  分布函数的形状和尺度参数<sup>[27]</sup>。

根据上述方法计算出内蒙古 46 个气象站点年尺度的标准化降水指数(简记为  $SPI_{12}$ ) ,并根据文献<sup>[28]</sup>的分级标准分为轻旱( $-1 < SPI_{12} \leq -0.5$ )、中旱( $-1.5 < SPI_{12} \leq -1$ )、重旱( $-2 < SPI_{12} \leq -1.5$ )和特旱( $SPI_{12} \leq -2$ )等四个不同干旱等级。

### 1.3 干旱评价指标

文中采用干旱强度、干旱站次比和干旱频率等<sup>[18, 23]</sup>三个指标评估内蒙古东中西部地区近 50a 干旱特征。

(1) 干旱强度( $S_{ij}$ ):用于评价干旱的严重程度。单站某时段内的干旱强度可由 SPI 值反映,计算公式为: $S_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |SPI_i|$

式中: $|SPI_i|$  为发生干旱时 SPI 的绝对值,其值越大,表示干旱越严重; $m$  为发生干旱的站数。当  $S_{ij} \geq 1.5$  时为重度干旱,当  $1.5 > S_{ij} \geq 1$  时为中度干旱,当  $1 > S_{ij} \geq 0.5$  时为轻度干旱,当  $S_{ij} < 0.5$  时,干旱强度不明显。

(2) 干旱站次比( $P_j$ ):用某一区域内干旱发生站数多少占全部站数的比例来评价干旱影响范围的大小,计算公式: $P_j = n/N \times 100\%$

式中: $N$  为研究区总气象站数(文中  $N = 46$ );  $n$  为发生干旱的站数;下标  $j$  代表不同年份。

$P_j$  表示一定区域干旱发生范围的大小,间接反映干旱影响范围的严重程度,其中,当  $P_j < 10\%$  时为无明显干旱发生,当  $25\% > P_j \geq 10\%$  时为局域性干旱,当  $33\% > P_j \geq 25\%$  时为部分区域性干旱,当  $50\% > P_j \geq 33\%$  时为区域性干旱,当  $P_j \geq 50\%$  时,表示研究区域内有一半以上的站发生干旱,为全域性干旱<sup>[23]</sup>。

(3) 干旱频率( $P_i$ ):用于评价某站有资料年份内发生干旱频率程度,计算公式为:

$$P_i = m/M \times 100\%$$

式中: $M$  为某站有气象资料的年数,  $m$  为该站发生干旱的总年数。依照不同程度的干旱发生年数计算不同程度的干旱频率<sup>[25]</sup>。为了方便比较,文中把重旱和特旱发生的年份进行合并,记为重旱。

## 2 结果与分析

### 2.1 内蒙古东中西部干旱强度特征

近 50a 中内蒙古东部地区干旱强度值在 0 ~ 2.07 之间。根据干旱强度的判断标准,有 4a 属于重度干旱,分别是 1986、1988、2001 和 2007 年,18a 属于中度干旱,22a 属于轻度干旱,6a 为干旱强度不明显,总体上干旱强度以轻度干旱为主,其次为中度干旱,两者所占比例分别为 44% 和 36%。

中部地区干旱强度值在 0~1.78 之间,其中有 2a 属于重度干旱,分别是 1965 和 2007 年,20a 属于中度干旱,20a 属于轻度干旱,8a 为干旱强度不明显,干旱强度以中度干旱和轻度干旱为主,两者所占比例都为 40%。

西部干旱强度值在 0~1.81 之间,属于重度干旱的年份分别是 1965 和 2005 年,有 13a 属于中度干旱,25a 属于轻度干旱,10a 为干旱强度不明显,总体上干旱强度以轻度干旱为主,其次为中度干旱,两者所占比例分别为 50% 和 26%。

从线性趋势变化和五年滑动平均值曲线来看(图 1a-c),不同区域干旱强度变化趋势有所不同。东部和中部总体干旱强度增加但不显著,东部干旱强度波动较大,中部干旱强度呈先减少后增加的趋势;西部总体干旱强度下降但不显著,呈周期波动变化特征。干旱强度从 20 世纪 80 年代初开始出现转折,尤其 1981 年后西部干旱强度下降趋势明显,进一步分析发现从 1982-2010 年西部干旱强度明显减少,减少幅度为 0.24/10a ( $p \leq 0.05$ )。

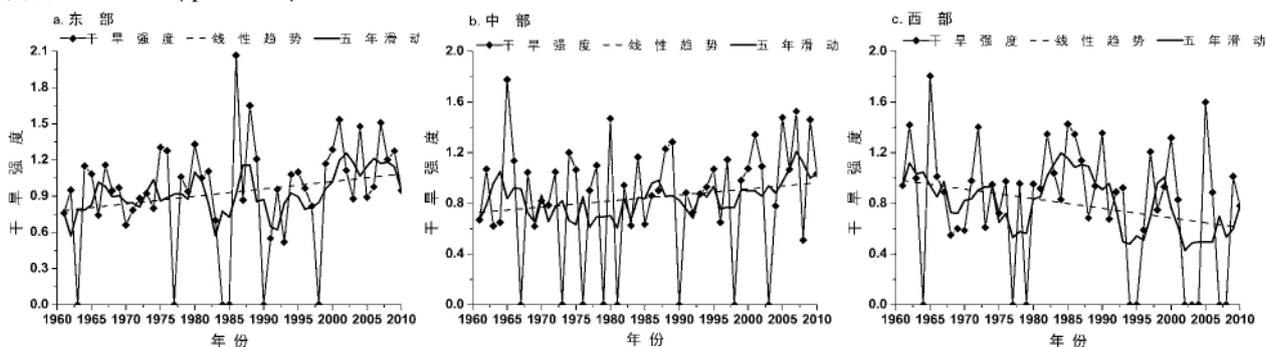


图 1 1961-2010 年内蒙古东中西部干旱强度变化

Figure 1 Changes of drought intensities in different regions of Inner Mongolia from 1961 to 2010

## 2.2 内蒙古东中西部地区干旱站次比特征

近 50a 来内蒙古中东西部站次比分别在 0~100%、0~85%、0~100% 之间。根据干旱站次比的判断标准,近 50a 西部有 16a 发生过全域性干旱,占 32%,分别是 1962-1963、1965、1971-1972、1980、1982、1986-1987、1989、1993、1999-2000、2005-2006、2009 年;中部有 17a 发生过全域性干旱,占 34%,分别是 1962、1965-1966、1971、1980、1982、1986-1987、1989、1997、1999-2001、2005-2007、2009 年;东部有 10a 发生过全域性干旱,占 20%,分别是 1967-1968、1972、1980、1999-2001、2004、2006-2007 年。西部有 4a 发生过区域性干旱,分别是 1974、1981、1983 和 1997;中部有 3a 发生过区域性干旱,分别是 1972、1974 和 1993 年;东部区域性干旱发生年份分别为 1965、1974、1981-1982、1989、1992、1995、2002-2003、2005、2009-2010 年。西部有 9a 发生过部分区域性干旱,分别是 1966、1970、1975、1978、1985、1991、1998、2001 和 2010 年;中部有 4a 发生过部分区域性干旱,分别为 1963、1968、1978 和 2002 年;东部有 7a 发生过部分区域性干旱,分别是 1961、1971、1975、1979、1986、1988 和 1997 年。另外,西部局域性干旱发生年份分别为 1961、1967-1969、1973、1976、1984、1988、1990、1992 和 1996 年,中部为 1970、1975、1977、1983-1985、1988、1991 和 2010 年,东部为 1962、1964、1966、1973、1976、1987、1994、1996 和 2008 年。

从图 2 可以看出,近 50a 来内蒙古东部干旱站次比显著增加,即干旱覆盖范围有明显增加的趋势,增加速率为 5.67/10a ( $R^2 = 0.10$ ,  $p \leq 0.05$ ),尤其是 20 世纪 90 年代以后,增加趋势更加明显,相关部门应做好适当的防旱抗旱措施。中部干旱站次比呈微弱增加趋势,西部干旱站次比呈略微减少趋势,这可能与我国西北地区由暖干向暖湿转型的气候变化<sup>[29]</sup>以及内蒙古西部大部分地区荒漠和沙漠的下垫面特征有关。

## 2.3 内蒙古东中西部干旱频率特征

基于内蒙古东部(20 个站点)、中部(26 个站点)和西部(10 个站点)地面气象站近 50a 来年尺度的标准化降水指数所得到的各站点不同等级干旱频率,得到不同区域轻旱、中旱和重旱干旱频率分布图(图 2-4)。

内蒙古东部地区轻旱发生的频率在 4-10% 之间,平均值为 7.2% (图 3),海拉尔市的东北部和西南部、兴安盟西部、通辽市西北部、赤峰市东部轻旱发生的频率较高,海拉尔市西北部和东南部、兴安盟东部、通辽市东南部、赤峰市西部地区轻旱发生的频率较低。内蒙古东部地区中旱发生的频率在 1-8% 之间,平均值为 5%,其中海拉尔市北部、兴安盟东部、通辽市东南部、赤峰市大部分中旱发生的频率较高,海拉

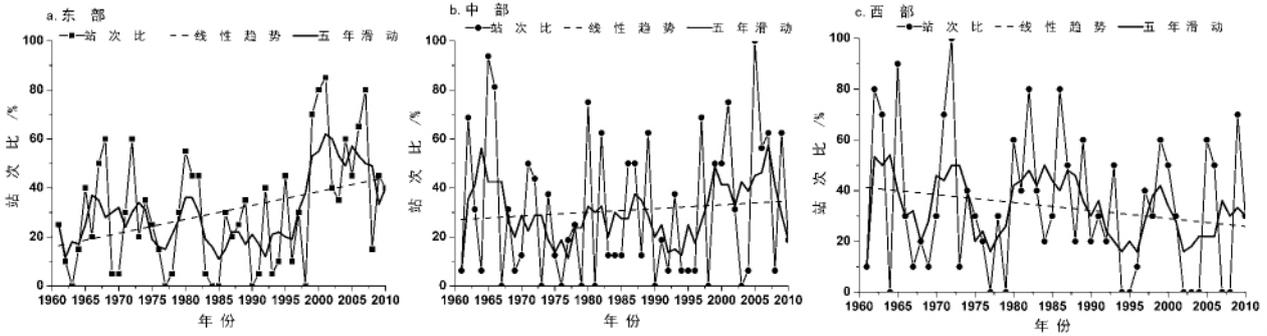


图 2 1961 - 2010 年内蒙古东中西部干旱站次比变化

Figure 2 Changes of drought station proportion in the different regions of Inner Mongolia from 1961 to 2010

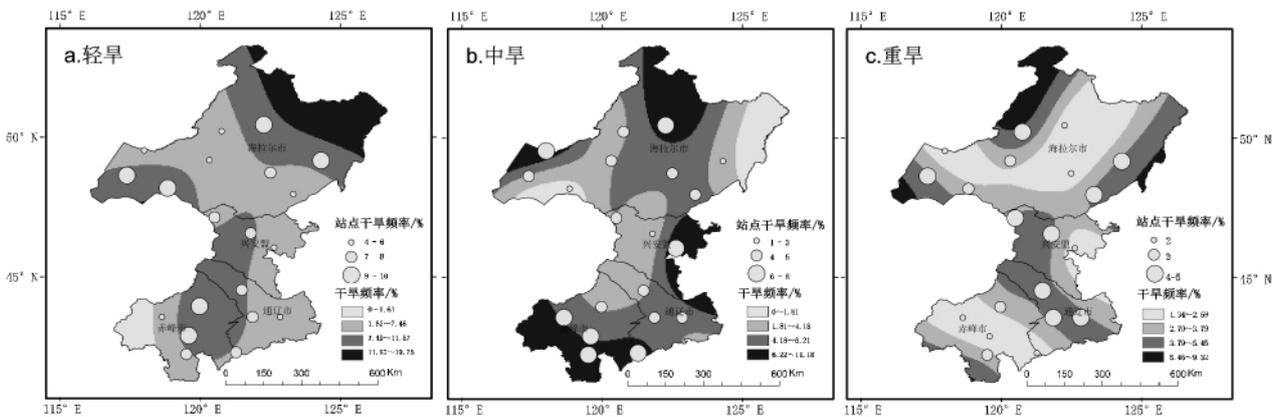


图 3 内蒙古东部地区不同等级干旱频率分布图

Figure 3 Distribution of drought frequency in the eastern Inner Mongolia

尔市东部和西南部、兴安盟西部、赤峰市东北部和通辽市西北部中旱发生频率相对较低。东部地区重旱发生频率在 2 - 5% 之间, 平均值为 3.15%。海拉尔市的东北部、西北部和西部、兴安盟西部、通辽市大部分地区以及赤峰市南部地区重旱发生的频率较高, 海拉尔市大部分、兴安盟东部以及赤峰市大部分地区重旱发生的频率较低。

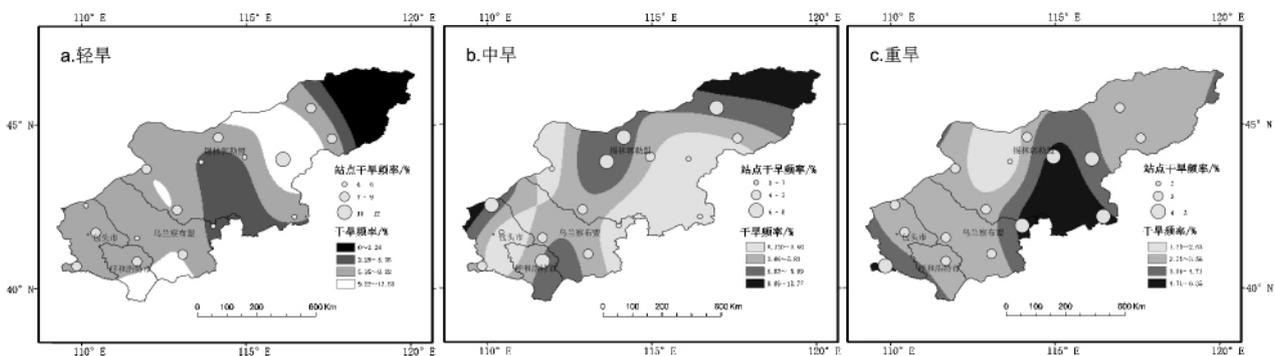


图 4 内蒙古中部地区不同等级干旱频率分布图

Figure 4 Distribution of drought frequency in the central Inner Mongolia

内蒙古中部地区轻旱发生的频率在 4% - 12% 之间, 平均值为 7.19%, 其中锡林郭勒盟中部和西部、乌兰察布盟中南部、呼和浩特市中南部长旱发生的频率较高, 锡林郭勒盟东北部和西南部、乌兰察布盟西北部、包头市绝大部分和呼市北部轻旱发生频率较低(图 4a)。中旱发生频率在 2% - 8% 之间, 平均值为 4.75%, 其中锡林郭勒盟东北部、乌兰察布盟西南部、包头市西北部和呼和浩特市东南部地区中旱发生的频率较高, 而中旱发生频率较低的地区主要为锡林郭勒盟中部和南部、乌兰察布盟东部和西北部、包头市东南部和呼市西北部地区(图 4b)。重旱发生的频率在 2% - 5% 之间, 平均值为 3.5%, 发生频率较高的地区包括锡林郭勒盟中部和南部、包头市南部以及乌兰察布盟东部, 而海拉尔市东北部和西部、包头市、乌

兰察布盟和呼和浩特市大部分地区重旱发生的频率较低(图 4c)。

内蒙古西部地区轻旱发生的频率在 6-10% 之间,平均值为 8.1%(图 5),内蒙古西部地区大部分地区轻旱发生的频率较高,而阿拉善盟东部、鄂尔多斯市西部、巴彦淖尔市西南部等地区轻旱发生的频率较低。中旱发生的频率在 2-9% 之间,平均值为 5.2%,发生频率较高的地区包括阿拉善盟东南部、巴彦淖尔市和鄂尔多斯市西南部,而频率较低地区主要为阿拉善盟西部,巴彦淖尔市和鄂尔多斯市东北部地区。重旱发生的频率在 1%-5% 之间,平均值为 3.5%,除了阿拉善盟西部和东部局域地区重旱发生的频率较低以外,内蒙古西部大部分地区重旱发生的频率较高。

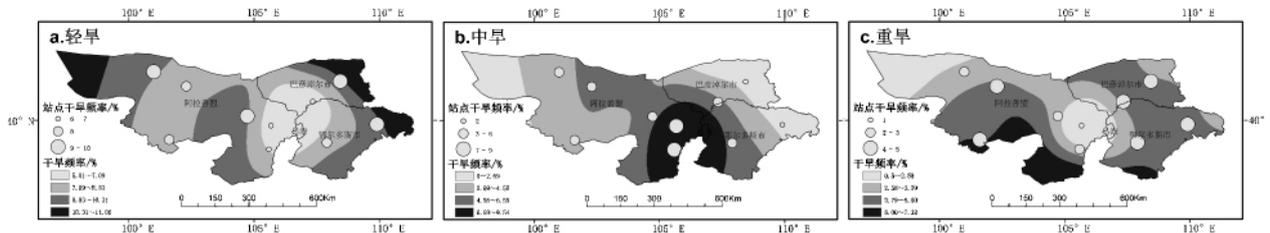


图 5 内蒙古西部地区不同等级干旱频率分布图

Figure 5 Distribution of drought frequency in the western Inner Mongolia

### 3 讨论

通过以上分析可知,在全球气候变暖背景下,内蒙古东中西部对干旱化的响应具有明显的差异性,文中将为内蒙古不同区域对干旱化的响应与适应对策研究提供科学基础。

近 50a 来内蒙古东部和中部总体干旱强度增加,西部总体干旱强度减少但不显著。此结果与张美杰等<sup>[13]</sup>采用降水量距平百分率的气象干旱指标研究近 60a 内蒙古干旱动态的结果基本一致。尤其是进入 20 世纪 90 年代之后,东部和中部干旱强度和覆盖范围增加趋势明显,而西部减少趋势明显,这可能与 20 世纪 80 年代中期内蒙古地区发生气温突变后降水分布的更加不均现象有关,即东中部地区降水呈减少趋势,而西部地区呈明显增加态势<sup>[9]</sup>。周扬等人的研究也指出东部呼伦贝尔市各种干旱发生的频率较高<sup>[18,19]</sup>,因此,相关部门应在高度重视干旱监测与评估工作的同时,针对不同区域制定切实可行的防旱抗旱对策。

内蒙古东中西部干旱特征及其演变规律除了受距离海洋的远近、东西狭长的地域差异以及气候变化影响以外,还受多种因素的影响。据有关文献记载<sup>[30]</sup>内蒙古中东部农牧交错区植被状况明显退化,植被退化一定程度上引起蒸发量的增加,因此东中部地区干旱强度和覆盖范围的增加趋势可能与其气温增加降水减少的气候背景以及下垫面的变化有关。内蒙古西部属于永久性干旱区,下垫面主要为荒漠和沙漠,下垫面和土壤表层性质对降水和蒸发量变化的影响较少,因此,在内蒙古西部地区干旱强度和覆盖范围减少的趋势可能与其气温略微增加降水明显增加的气候变化大背景有关。另外,ENSO 事件的发生也增加了内蒙古地区干旱灾害发生的可能性<sup>[31]</sup>,东中西部近 50 年来共发生重度干旱 6a 次,其中有 5a 次与发生 ENSO 事件重叠。

文中研究还存在一些不足之处,未考虑连续无雨日、土壤相对湿度、降雨日数和温度等诸多因素对干旱的影响。还需要指出的是,干旱在不同阶段对气候变化的响应是不同的,只分析不同区域年尺度的干旱变化,可能会滤掉干旱阶段变化特征,而且不同时间段的干旱影响也是有所差别的,对此将另文介绍。

### 4 结论

(1) 内蒙古东部和西部干旱强度以轻度干旱为主,中部以轻度和中度干旱为主。东部和中部总体干旱强度增加但不显著,东部干旱强度波动较大,中部干旱强度呈先减少后增加的趋势;西部呈周期波动变化特征,总体上干旱强度减少但不显著。

(2) 中部和西部以全域性干旱为主,其次是局域性干旱;东部以区域性干旱为主,其次是全域性干旱。中部干旱站次比呈微弱增加趋势,即干旱覆盖范围有微弱增加的趋势;西部干旱站次比呈略微减少趋势,即干旱覆盖范围有略微减少的趋势;东部干旱站次比显著增加,即干旱覆盖范围有显著增加的趋势,需引

起相关部门足够的重视, 并应做好适当的防旱抗旱措施。

(3) 从干旱频率来看, 干旱频率空间差异性明显。东部轻旱发生频率较高的地区包括海拉尔市东北部、兴安盟、通辽市西部以及赤峰市东部, 中旱在大部分地区发生的频率都较高, 重旱在海拉尔市局部地区发生的频率较高; 中部地区锡林郭勒盟轻旱、中旱和重旱发生的频率都较高; 西部大部分地区轻旱发生的频率较高。

### 参考文献

- [1] 温克刚. 中国气象灾害大典(内蒙古卷) [M]. 北京: 气象出版社, 2008: 8-9.
- [2] 马柱国, 符淙斌. 中国北方干旱区地表湿润状况的趋势分析[J]. 气象学报, 2001, 59(6): 737-746.
- [3] 马柱国, 符淙斌. 1951-2004年中国北方干旱化的基本事实[J]. 科学通报, 2006, 51(20): 2429-2439.
- [4] 陈素华, 宫春宁. 内蒙古气候变化特征与草原生态环境效应[J]. 中国农业气象, 2005, 26(4): 246-249.
- [5] 包云, 李晓兵, 黄玲梅, 等. 1961-2007年内蒙古降水时空分布[J]. 干旱区地理, 2011, 34(1): 52-61.
- [6] 白美兰, 郝润全, 郝瑞琦, 等. 内蒙古东部近54年气候变化对生态环境演变的影响[J]. 气象, 2006, 32(6): 31-36.
- [7] 郭灵辉, 吴绍洪, 赵东升, 等. 近50a内蒙古不同植被类型区生长季变化[J]. 干旱区地理, 2014, 37(3): 532-538.
- [8] 闫慧敏, 陈伟娜, 杨方兴, 等. 过去50年内蒙古极端气候事件时空格局特征[J]. 地理研究, 2014, 33(1): 13-22.
- [9] 兰玉坤. 内蒙古地区近50年气候变化特征研究[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2007.
- [10] 翟禄新, 冯起. 基于SPI的西北地区气候干湿变化[J]. 自然资源学报, 2011, 26(5): 847-857.
- [11] 王素萍, 张存杰, 李耀辉, 等. 基于标准化降水指数的1960-2011年中国不同时间尺度干旱特征[J]. 中国沙漠, 2014, 34(3): 827-834.
- [12] 秦福莹, 那音太. 基于遥感技术的蒙古高原旱灾监测研究概况[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学蒙古文版), 2012, 33(3): 11-14.
- [13] 张美杰. 近60a内蒙古干旱动态分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2012.
- [14] 张存厚, 王明玖, 李兴华, 等. 近30年来内蒙古地区气候干湿状况时空分布特征[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(8): 70-75.
- [15] 李晶. 内蒙古自治区干旱灾害时空分布规律及预测研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- [16] 金阿丽, 阿拉腾图雅. 近五十年锡林浩特市干旱特征分析[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2010, 39(3): 269-274.
- [17] 白美兰, 李金田, 李喜仓, 等. 近50年内蒙古中东部地区春夏季干旱特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(5): 131-136.
- [18] 周扬, 李宁, 吉中会, 等. 基于SPI指数的1981-2010年内蒙古地区干旱时空分布特征[J]. 自然资源学报, 2013, 28(10): 1694-1706.
- [19] 周扬, 李宁, 吴吉东, 等. 内蒙古地区近30年干旱特征及其成灾原因[J]. 灾害学, 2013, 28(4): 67-73.
- [20] 袁文平, 周广胜. 干旱指标的理论分析与研究进展[J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 982-991.
- [21] 王劲松, 郭江勇, 周跃武, 杨兰芳. 干旱指标研究的进展与展望[J]. 干旱区地理, 2007, 30(1): 60-65.
- [22] 李柏贞, 周广胜. 干旱指标研究进展[J]. 生态学报, 2014, 34(5): 1043-1052.
- [23] 黄晚华, 杨晓光, 李茂松, 等. 基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近58a演变特征[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 50-59.
- [24] 付丽娟, 曹杰, 德勒格日玛. 三种气象干旱指标在内蒙古地区的适用性分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(2): 108-113.
- [25] 赵旭春. 中国北方干旱区干旱指标的应用研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [26] 冯晓晶, 高志国, 马朴. 气象干旱指标在内蒙古干旱监测评估中的应用[J]. 内蒙古气象, 2011(5): 39-42.
- [27] 杨晓静, 左德鹏, 徐宗学. 基于标准化降水指数的云南省近55年旱涝演变特征[J]. 资源科学, 2014, 36(3): 473-480.
- [28] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 气象干旱等级 (GB/T20481-2006) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [29] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152-163.
- [30] 那音太, 秦福莹. 基于MODIS数据的内蒙古地区最近12年植被变化分析[J]. 内蒙古财经学院学报, 2012(5): 31-35.
- [31] 白小娟, 赵景波. 厄尔尼诺/拉尼娜事件对内蒙古自治区气候的影响[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 245-249.

## Drought characteristics in Inner Mongolia based on the SPI index in the last 50 years

NA Yintai

(Resources and Environment Economy College, Inner Mongolia University of Finance and Economics, Hohhot 010070, China)

**Abstract:** Drought intensity, areas, frequency and evolution rules were analyzed in detail with the standardized precipitation index (SPI) and monthly precipitation data from 46 ground stations in Inner Mongolia during recent 50a. It showed that the slight drought was mainly occurred in the east and west part of Inner Mongolia and its intensity appeared decreasing trend and moderate drought in the middle part and showed increasing trend. Drought cover area showed slightly decreasing trend in the west, insignificantly increasing trend in middle part and significantly increasing trend with 5.67 SPI value for each ten years. In the east part, such as Hailar, Xing'an League and the west of Tongliao the east of Chifeng, the slight drought frequency was higher, and in the most of the other regions, the moderate drought was higher. In the middle part of Inner Mongolia, such as Xilingol, the frequency of slight, moderate and heavy droughts were higher and the frequency of slight drought in the western region was also higher.

**Key words:** drought; standardized precipitation index; Inner Mongolia